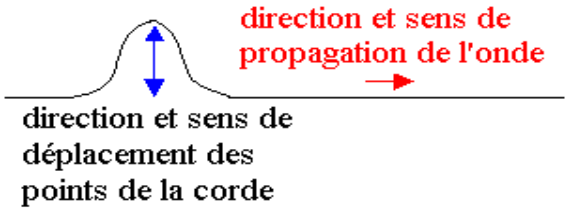
Ondes mécaniques progressives

I) Exemples d'ondes :

1) Onde transversale :

Une onde est transversale lorsque le déplacement des points du milieu de propagation s'effectue perpendiculairement à la direction de propagation.

Ici, la perturbation est une déformation de la corde provoquée sur la corde qui se propage de proche en proche dans la direction horizontale alors que les points de la corde se déplacent verticalement.

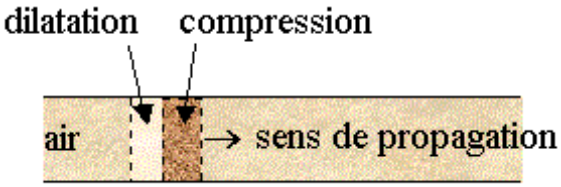


Remarque : La corde est le milieu de propagation, elle ne se déplace pas. Il n'y a pas de transport de matière. Il faut que le milieu de propagation présente une certaine élasticité.

2) Onde longitudinale :

Une onde est longitudinale lorsque le déplacement des points du milieu de propagation s'effectue dans la même direction que celle de la propagation.

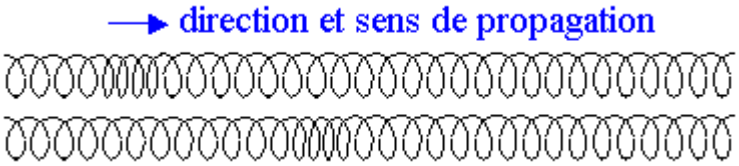
Le son dans l'air est une onde. La perturbation (succession de compression et de détente) dans l'air se propage de proche en proche horizontalement, les molécules de l'air effectuent un va-et-vient horizontalement.



Remarque : L'air, milieu de propagation ne se déplace pas. Il n'y a pas de transport de matière. L'air est un milieu élastique.

Autres exemples : le long d'un ressort

La déformation du ressort se propage de proche en proche vers la droite



Lorsqu'une bille frappe la suivante, le choc se propage jusqu'à la dernière bille

II) Propriétés générales des ondes mécaniques progressives :

1) Définition générale :

On appelle onde mécanique progressive le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel sans transport de matière.

2) Direction de propagation :

Une onde se propage, à partir de la source, dans toutes les directions qui lui sont offertes.

Il existe ainsi des ondes à une, deux ou trois dimensions.

Une onde à une dimension a lieu dans une seule direction, par exemple, le long d'une corde

Une onde à deux dimensions a lieu dans un plan, par exemple à la surface de l'eau lorsqu'on y jette une pierre.
Une onde à trois dimensions a lieu dans l'espace, par exemple, une onde sonore se propage dans toutes les directions.

3) Célérité de l'onde :

On appelle célérité v de l'onde la vitesse de propagation de l'onde.
C'est le rapport entre la distance d parcourue par l'onde et la durée Δt du parcours.

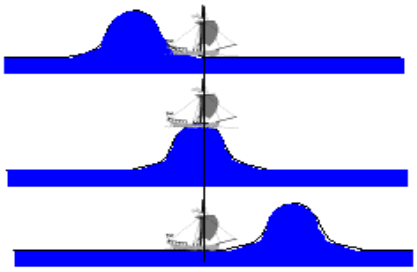
$$v = \frac{d}{\Delta t} \quad \text{avec v en m.s}^{-1}\text{, d en m et } \Delta t \text{ en s}$$

On préfère le mot célérité au mot vitesse auquel est associé la notion de déplacement de matière (vitesse d'une automobile, d'une particule etc...).
La célérité de l'onde est une propriété du milieu de propagation, elle est donc constante dans un milieu donné dans des conditions données.
Elle dépend de l'inertie du milieu caractérisée par sa masse linéique (μ), surfacique ou volumique pour un milieu à 1, 2 ou 3 dimensions.
Plus celle-ci est grande, plus la célérité est faible.
Elle dépend également de la rigidité du milieu, de sa capacité à s'opposer à la déformation, plus elle est grande, plus la célérité augmente. Elle est mesurée par différentes grandeurs selon le milieu, tension pour un fil, raideur k pour un ressort.
Par exemple, la célérité v d'une onde se propageant sur une corde dépend de sa tension F et de sa masse linéique μ.

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

De même, la célérité du son dans l'air dépend de sa température.

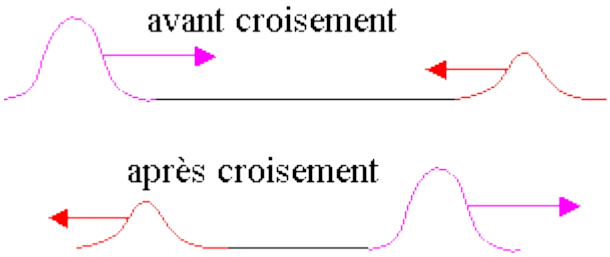
4) Transfert d'énergie sans transport de matière :



Une onde mécanique progressive transporte de l'énergie sans transport de matière.
Au passage d'une vague, le bateau s'élève, son énergie potentielle augmente. Cette énergie lui est apportée par l'onde, mais il n'y a pas de transport de matière.

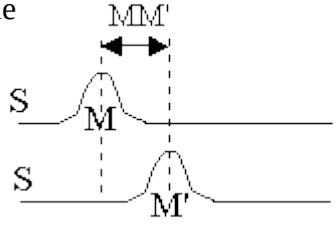
5) Croisement de deux ondes :

Deux ondes se propageant dans le même milieu peuvent se croiser sans se perturber mutuellement.



III) Onde progressive à une dimension : Retard de l'onde :

Une onde émise par la source S, se propage avec la célérité v le long d'une corde, elle atteint le point M à la date t et le point M' à la date ultérieure t'.
Le point M' subit la même perturbation que le point M avec un retard τ.



$$\tau = t' - t \quad \Rightarrow \quad v = \frac{MM'}{\tau} \quad \Rightarrow \quad \tau = \frac{MM'}{v}$$